

TERMINALE SPÉCIALITÉ PHYSIQUE-CHIMIE
DEVOIR EN CLASSE N°5 – SESSION DU 16/02/2021

EXERCICE I. TRANSPORT DU DIOXYGÈNE DANS LE SANG (12 points)

Le but de cet exercice est d'étudier, de manière simplifiée, le transport du dioxygène par l'hémoglobine du sang des poumons vers les organes.

Une molécule d'hémoglobine est constituée de plusieurs sous-unités. **On ne considèrera dans tout l'exercice que la sous-unité notée $Hb_{(aq)}$.**

Le dioxygène est transporté de deux façons dans l'organisme :

- sous forme de dioxygène dissous dans le sang que l'on note $O_{2(aq)}$.
- sous forme d'oxyhémoglobine que l'on notera $HbO_{2(aq)}$.

Le sang est assimilé à une solution aqueuse.

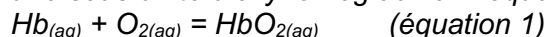
Donnée :

Masse molaire de la sous-unité d'hémoglobine : $M(Hb) = 1,6 \times 10^4 \text{ g.mol}^{-1}$

Les trois parties sont indépendantes.

1. Transport du dioxygène dans l'organisme par l'hémoglobine du sang

Au niveau des poumons, une sous-unité d'hémoglobine fixe une molécule de dioxygène pour donner une sous-unité d'oxyhémoglobine. L'équation de la réaction associée à la transformation chimique est :



1.1. À l'état initial, on suppose qu'un volume $V = 100 \text{ mL}$ de sang contient une quantité de sous-unités d'hémoglobine notée n_0 , un excès de dioxygène et ne contient pas de sous-unités d'oxyhémoglobine.

Ce volume V de sang contient une masse $m = 15 \text{ g}$ de sous-unités d'hémoglobine.

Calculer la quantité de matière n_0 de sous-unités d'hémoglobine correspondante.

1.2. En déduire l'avancement maximum x_{\max} de la réaction. On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

1.3. Le taux d'avancement final τ_f de la réaction chimique (1) a pour valeur 0,97.

Donner la relation qui définit le taux d'avancement final τ_f et en déduire la valeur x_f de l'avancement final.

1.4. En déduire la quantité de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formée dans l'état final.

1.5. En une minute, le débit cardiaque moyen permet de traiter $V_s = 5,0 \text{ L}$ de sang au niveau des poumons. En déduire la quantité correspondante n_s de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formées pendant une minute.

2. Libération du dioxygène au niveau des organes

Le volume V de sang étudié dans la partie 1 arrive au niveau des tissus des organes. À ce stade une partie du dioxygène dissous est absorbée par les tissus faisant ainsi chuter la concentration en dioxygène dans le sang.

Le système chimique étudié dans la partie 1 se trouve alors dans un nouvel état initial, noté état 1, tel que la concentration en dioxygène dissous est $[O_2]_1 = 3,6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$; celle de sous-unités d'hémoglobine est alors $[Hb]_1 = 2,8 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ et celle de sous-unités d'oxyhémoglobine est $[HbO_2]_1 = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.1. Calculer la valeur du quotient de réaction Q_{r1} dans l'état 1 correspondant à l'équation (1).

2.2. La constante d'équilibre K_1 liée à l'équation (1) a pour valeur $K_1 = 3,0 \times 10^5$.

Dans quel sens évolue le système ?

3. Et lors d'un effort musculaire ?

Données :

Au cours d'un effort, du dioxyde de carbone est formé au niveau des muscles. Il se dissout dans le sang. Le couple acide-base mis en jeu est CO_2 , H_2O / HCO_3^- (aq) de $pK_a = 6,4$.

3.1. Écrire l'équation notée (2) de la réaction associée à la transformation entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau.

3.2. Représenter sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ / HCO_3^- .

3.3. En déduire, en le justifiant, l'espèce prédominante de ce couple dans le sang au niveau des tissus pour un pH du sang égal à 7,4.

3.4. Pourquoi la dissolution du dioxyde de carbone provoque-t-elle une diminution du pH sanguin en l'absence d'autres réactions ?

3.5. *Chez l'homme, le pH du sang est compris dans des limites très étroites : 7,36 à 7,42. D'autre part, l'oxyhémoglobine peut réagir avec les ions oxonium selon l'équation :*



Montrer que les ions H_3O^+ produit par la réaction d'équation (2) permettent la libération du dioxygène nécessaire à l'effort musculaire tout en limitant la variation de pH, vue à la question 3.4.

EXERCICE II. PILE AU CITRON (8 points)

Une expérience simple à réaliser chez soi : alimenter un cadran d'horloge, comme l'écran à cristaux liquide d'un réveil de voyage, avec un citron !

Matériel nécessaire pour réaliser la pile :

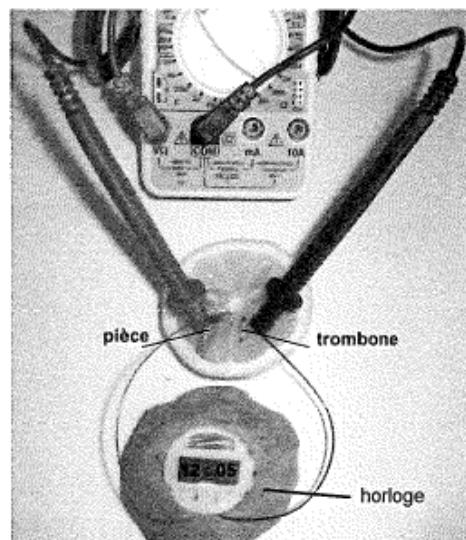
- Pièces anciennes en cuivre
- Trombones galvanisés (entièrement recouverts de zinc)
- Fils électriques
- Plusieurs citrons
- Un multimètre

L'objectif de cet exercice est d'expliquer scientifiquement le phénomène.

Données :

- $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Constante de Faraday : $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$
- couples oxydant / réducteur :
 $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})$; $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$.

Figure 1 : Pile au citron



1. Polarité de la pile

On désire mesurer la tension à vide aux bornes de « la pile au citron ».

Pour ce faire, on a réalisé le montage de la **figure 1** ci-dessus : l'indication donnée par le voltmètre est : + 0,84 V.

- 1.1. Quel autre nom donne-t-on à la tension à vide d'une pile ?
- 1.2. Déterminer la polarité de la pile au niveau de la pièce et du trombone. Justifier votre réponse.

2. Principe de fonctionnement de la pile

Au cours de son utilisation on constate une effervescence au niveau de la pièce ancienne.

Après analyse du gaz, on en déduit qu'il s'agit de dihydrogène.

- 2.1. Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement la présence de dihydrogène ?
- 2.2. Ecrire les équations des réactions d'oxydoréduction ayant lieu à chaque électrode en précisant le type de réaction (oxydation ou réduction) et le nom de chaque électrode.
- 2.3. En déduire l'équation de la réaction globale se produisant au cours du fonctionnement de cette pile.
- 2.4. D'où proviennent les ions $\text{H}^+(\text{aq})$ présents dans les réactifs ?
- 2.5. Parmi les solutions aqueuses telles que le vinaigre, l'eau sucrée et le jus d'orange, justifier celle(s) qui aurai(en)t pu remplacer le citron ?
- 2.6. Comment peut-on obtenir, avec le matériel disponible, un dispositif délivrant une tension à vide deux fois plus grande ?

3. Etude quantitative

La pile est utilisée pour faire fonctionner une horloge pendant une durée $\Delta t = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$. L'intensité I du courant débité par la pile est égale à 10 mA.

- 3.1. Quelle quantité d'électricité Q est débitée par la pile pendant la durée Δt ?
- 3.2. Déterminer n , la quantité de matière de zinc consommée au cours du fonctionnement de la pile. Justifier.
- 3.3. En déduire la variation de masse Δm du trombone pendant la durée de fonctionnement Δt .